



⑪ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 100 35 622 A 1

⑤ Int. CL<sup>7</sup>:  
**B 05 B 7/14**  
B 05 B 7/16  
B 05 C 19/02  
B 23 K 26/14

② Aktenzeichen: 100 35 622.2  
⑦ Anmeldetag: 21. 7. 2000  
④ Offenlegungstag: 7. 2. 2002

⑮ Anmelder:  
Precitec KG, 76571 Gaggenau, DE  
  
⑭ Vertreter:  
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR  
Patentanwälte, 81679 München

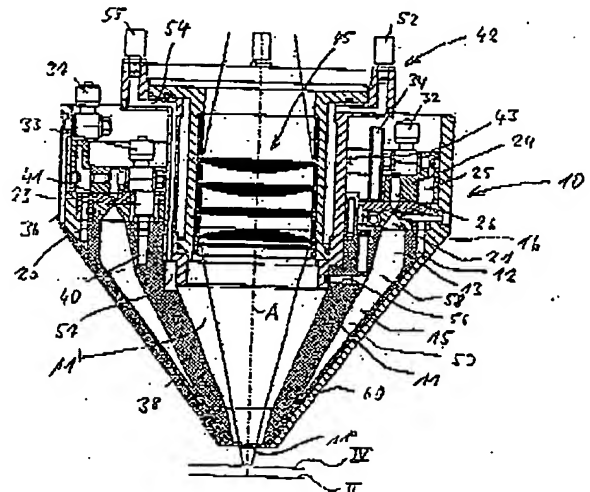
⑦ Erfinder:  
Schürmann, Bert, Dr., 76571 Gaggenau, DE  
  
⑥ Entgegenhaltungen:  
US 59 93 550  
US 54 09 169  
JP 61-2 64 168  
Optical and Laser Technology 31 (1999) 233-238;

DE 100 35 622 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## ⑭ Pulverbeschichtungskopf

⑤ Die Erfindung betrifft einen Pulverbeschichtungskopf zum Beschichten einer Werkstückoberfläche, mit einem zentralen Kanal (11'), mit einem sich in Pulvertransportrichtung verjüngenden, konischen Pulverkanal (15) mit ringförmigem Querschnitt, der den zentralen Kanal (11') koaxial umgibt und mit Pulverzufuhrmitteln (34, 35), die zum Einbringen von Pulver in einen Einlaßbereich (13) des Pulverkanals (15) in diesen münden. Um die gleichmäßige Versorgung einer Wechselwirkungszone mit Pulver mit hoher Zuverlässigkeit unabhängig von der Vor- schubrichtung zu ermöglichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß Gaszufuhrmitteln (26, 29, 30, 31, 33) bezüglich der Pulvertransportrichtung strömaufwärts von den Pulverzufuhrmitteln (34, 35) in den Einlaßbereich (13) münden.



DE 100 35 622 A 1

## DE 100 35 622 A 1

1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Pulverbeschichtungskopf zum Beschichten einer Werkstückoberfläche.

[0002] Ein bekannter Pulverbeschichtungskopf (WO 95/20 458) weist eine Düse auf, in der ein zentraler Kanal für einen Laserbearbeitungsstrahl und ein ringförmiger, konisch zulaufender Pulverkanal vorgesehen ist, der den zentralen Kanal konzentrisch umgibt. Die Spitze des konischen Pulverkanals liegt dabei in einem Bereich vor einer Austrittsöffnung der Düse, durch die auch der Laserbearbeitungsstrahl austritt. Das von seiner Öffnung abgewandte Ende des Pulverkanals ist über vier umfangmäßig verteilte Pulverzuführöffnungen mit entsprechenden Pulverzuführmitteln verbunden. Die Spitze des konisch zulaufenden Pulverstroms, im folgenden auch Pulverfokus genannt, liegt hier also innerhalb der Düse.

[0003] Zum Beschichten einer Werkstückoberfläche wird das Pulver, z. B. ein Metallpulver, einer Wechselwirkungszone zugeführt, dort auf die Werkstückoberfläche aufgebracht und mit Hilfe des Laserstrahls aufgeschmolzen, so daß es sich metallurgisch mit der Werkstückoberfläche verbindet.

[0004] Aus dem Abschlußbericht 13 N 5596 0 zum BMFT-Verbundprojekt "Oberflächenbearbeitung mit CO<sub>2</sub>-Lasern; Verfahrensuntersuchung zum Laserrandschichtveredeln mit Zusatzwerkstoffen-Erweiterung und Abgrenzung der Verfahrensvarianten", Institut für schweißtechnische Fertigungsverfahren der RWTH Aachen, ist ein weiterer Pulverbeschichtungskopf bekannt, der einen ringförmigen, konisch zulaufenden Pulverkanal aufweist, der konzentrisch um einen zentralen Kanal für einen Laserbearbeitungsstrahl herum angeordnet ist (Vergleiche Bild 1a, Abschnitt 15.1 "Anforderungsprofil, Modell- und Bearbeitungskopfentwicklung" (Seite 38 ff)). Bei diesem bekannten Pulverbeschichtungskopf umfaßt der Pulverkanal einen Verwirbelungsraum, in dem der anzutragende pulverförmige Zusatzwerkstoff über den Umfang des ringförmigen Pulverkanals verteilt wird. Ausgehend von diesem Verwirbelungsraum wird der pulverförmige Zusatzwerkstoff, also das Pulver mit Hilfe eines Transportgases dem Laserstrahl noch im Pulverbeschichtungskopf, also vor der Austrittsöffnung zugeführt, so daß zusammen mit dem Laserstrahl ein divergenter Pulverstrom austritt.

[0005] Bild 2 dieses Abschlußberichtes zeigt einen anderen Pulverbeschichtungskopf mit einem ringförmigen, sich konisch zu seiner ringförmigen Austrittsöffnung hin verjüngenden Pulverkanal, bei dem zum Aufschmelzen des Pulvers das heiße Plasma eines Lichtbogens genutzt wird.

[0006] Aus der Dissertation von E. Hoffman, "Herstellung metallischer Bauteile durch Laserstrahlgenerieren", Shaker Verlag 1998, Aachen, Kapitel 4.3.1, Seite 63 bis 65 ist noch ein weiterer Pulverbeschichtungskopf bekannt, der einen sich konisch verjüngenden, ringförmigen Pulverkanal aufweist, der so konzentrisch zu einem zentralen Kanal für einen Laserbearbeitungsstrahl angeordnet ist, daß der Laserfokus im wesentlichen mit dem Pulverfokus zusammenfällt. Um eine gleichmäßige Verteilung des Pulver-Gas-Gemisches in dem als konischen oder kegigen Ringspalt ausgebildeten Pulverkanal zu erreichen, wird das Pulver-Gas-Gemisch dem Eingangsbereich des Pulverkanals an drei gleichmäßig über den Umfang verteilten Stellen tangential zugeführt.

[0007] Um eine weitere Verwirbelung des Pulvers, und eine Geschwindigkeitssteigerung im ringspaltförmigen Pulverkanal zu erreichen, ist das Einblasen von einem Zusatzgas an drei weiteren separaten Eingängen ebenfalls tangential in den Ringspalt möglich. Der Zusatzgasstrom wird dabei in einer zur Austrittsöffnung des Pulverkanals hin gegen

2

die Einlaßebene des Pulvers zersetzten Ebene mit gleicher Orientierung zugeführt. Es ist aber auch bereits bekannt, daß Zusatzgas mit entgegengesetzter Orientierung zuzuführen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen weiteren Pulverbeschichtungskopf zum Beschichten einer Werkstückoberfläche bereitzustellen, der mit hoher Zuverlässigkeit unabhängig von der Vorschubrichtung die gleichmäßige Versorgung einer Wechselwirkungszone mit Pulver ermöglicht.

[0009] Diese Aufgabe wird durch den Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Erfindungsgemäß ist also bei einem Pulverbeschichtungskopf mit einem zentralen Kanal, einem sich in Pulvertransportrichtung verjüngendem, konischen Pulverkanal mit ringförmigen Querschnitt, der den zentralen Kanal koaxial umgibt, und mit Pulverzuführmitteln, die zum Einbringen von Pulver in einen Einlaßbereich des Pulverkanals in diesen Münden, vorgesehen, daß Gaszuführmittel bezüglich der Pulvertransportrichtung stromaufwärts von den Pulverzuführmitteln in den Einlaßbereich münden.

[0011] Auf diese Weise ist es möglich, dem mit Hilfe eines Transportgases in den Einlaßbereich des Pulverkanals eingebrachten Pulver einen zusätzlichen Impuls in Pulvertransportrichtung zu erteilen, die Strömung des Pulvers also so zu beeinflussen, daß das Pulver über das Druckgefälle zwischen Einlaß und Auslaß hinaus eine Beschleunigung in Richtung der Wechselwirkungszone erfährt.

[0012] Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Pulvers über den Umfang des Pulverkanals ohne wesentliche Abbremsung des Pulverstroms zu erreichen, ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die Pulverzuführmittel mehrere, vorzugsweise vier Pulverzuführleitungen umfassen, die umfangmäßig voneinander beabstandet von innen nach außen in den Einlaßbereich des Pulverkanals münden, wobei die Mündungsrichtung jeder Pulverzuführleitung mit der jeweiligen Tangentialrichtung einen Winkel einschließt, der kleiner als 45°, insbesondere kleiner als 35° ist.

[0013] Dabei ist es zweckmäßig, wenn die Pulverzuführleitungen mit Mündungsabschnitten im wesentlichen in einer zur Achse A des Pulverkanals senkrechten Ebene verlaufen, also nicht mehr als 10° bis 20° gegen diese Ebene geneigt sind.

[0014] Um zu erreichen, daß das Pulver im Einlaßbereich des Pulverkanals eine möglichst große Beschleunigung im Pulvertransportrichtung erfährt, ist zweckmäßigerweise vorgesehen, daß die Gaszuführmittel im wesentlichen in Richtung der Achse des Pulverkanals in dessen Einlaßbereich münden. Die Gaszuführmittel umfassen dabei vorteilhafterweise eine Vielzahl von Durchlaßöffnungen, die in Umfangsrichtung gleichmäßig voneinander beabstandet und mit einer ringförmigen Verteilerkammer für Gas verbunden sind, welche auf der vom Einlaßbereich des Pulverkanals abgewandten Seite der Durchlaßöffnungen eingeordnet ist.

[0015] Um den Pulverstrom im Einlaßbereich des Pulverkanals möglichst effektiv umzulenken, ist bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der Einlaßbereich des Pulverkanals gegenüber dem Mündungsbereich der Pulverzuführmittel von einer ringförmigen Prallwand begrenzt wird, die im wesentlichen eine sich in Pulvertransportrichtung öffnende Kegelmantelfläche ist. Hierdurch läßt sich in Kombination mit dem Einbringen des Pulverstroms von innen nach außen in den Einlaßbereich des Pulverkanals erreichen, daß die einzelnen Pulverteilchen im wesentlichen nur an einer einzigen Prallfläche einen Impulsverlust erleiden.

DE 100 35 622 A 1

3

4

[0016] Ein zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß der Einlaßbereich eine ringförmige Einspritzkammer aufweist, in die das Pulver einbringbar ist und an die sich in Pulvertransportrichtung eine Verwirbelungskammer anschließt, wobei die Einspritzkammer einen sich in Pulvertransportrichtung öffnenden V-förmigen Querschnitt aufweist. Auf diese Weise läßt sich die ringförmige Prallwand konstruktiv besonders einfach realisieren.

[0017] Um zu erreichen, daß das zusätzlich in dem Pulverkanal eingebrachte Gas möglichst gleichmäßig auf die Pulverteilchen einwirkt, ist vorgesehen, daß eine Vielzahl von Durchlaßöffnungen der Gaszufuhrmittel im Bereich der Spitze des V-förmigen Querschnitts angeordnet ist.

[0018] Um bereits im Einlaßbereich eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Pulvers über den Umfang des Pulverkanals zu erzielen, ist vorgesehen, daß die Verwirbelungskammer einen sich in Pulvertransportrichtung im wesentlichen gleichbleibenden oder sich erweiternden Querschnitt aufweist. Hierdurch wird erreicht, daß im Einlaßbereich der Verwirbelung des Gemisches aus Pulver und Gas nur ein minimaler Widerstand entgegengebracht wird, so daß durch die Verwirbelung des Pulverstroms, die insbesondere noch zusätzlich durch das quer zur Einbringrichtung des Pulverstroms eingebrachte Gas unterstützt wird, eine gleichmäßige Pulververteilung erreicht werden kann.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Verwirbelungskammer über eine Anschlußkammer mit sich in Pulvertransportrichtung verjüngenden Querschnitt mit einem konischen Führungsabschnitt des Pulverkanals verbunden ist, der zu einer ringförmigen Austrittsöffnung des Pulverkanals führt, wobei der Querschnitt des Führungsabschnitts, also der Abstand der den Führungsabschnitt innen und außen begrenzenden Wände gleichbleibend ist, so daß der Führungsabschnitt eine konstante Spaltbreite aufweist.

[0020] Hierbei ist es zweckmäßig, wenn die Länge des Führungsabschnitts so groß ist, daß sich eine gleichmäßige Strömung des darin geführten Pulver-Gas-Gemisches ausbildet. Durch den Führungsabschnitt mit konstanter Spaltbreite wird erreicht, daß sich die Pulvergasströmung beruhigt, daß also umfangsmäßige Strömungskomponenten abgebremst werden, während durch das Druckgefälle die Strömung in Richtung zur Austrittsöffnung des Pulverkanals aufrecht erhalten wird. Es bildet sich somit im Pulverkanal ein gleichmäßiger ringförmiger Pulverstrom ohne wesentliche Umfangskomponenten aus, der sich konisch auf die ringförmige Austrittsöffnung und von dort weiter auf die Wechselwirkungszone zubewegt, wo er in einem definierten Abstand hinter der Austrittsöffnung zu einem kreisförmigen Pulverstrahl im Pulverfokus zusammenläuft.

[0021] Die Erfindung ermöglicht somit eine gleichmäßige Versorgung der Wechselwirkungszone mit Pulver, die vollständig unabhängig von der Verschieberichtung des Pulverbeschichtungskopfes senkrecht zur Achse des Pulverkanals ist.

[0022] Bei einer praktischen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der ringförmige Pulverkanal zwischen einem im wesentlichen rotationssymmetrischen Düsenkörper, in dem der zentrale Kanal ausgebildet ist, und einer dazu koaxialen Zwischenhülse ausgebildet ist, wobei die Zwischenhülse am Düsenkörper mittels eines Einspritzkammerlings befestigt ist, der den Einlaßbereich des Pulverkanals auf der von dessen Austrittsöffnung abgewandten Seite abschließt.

[0023] Um die Wechselwirkungszone gegen die Umgebungsluft abzuschirmen, ist bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß zwischen der Zwischenhülse und einem konischen Abschnitt einer dazu ko-

axialen Außenhülse ein ringspaltförmiger, konischer äußerer Schutzgaskanal gebildet ist, der eine ringförmige Austrittsöffnung aufweist. Hierdurch wird ein äußerer Schutzgassstrom ermöglicht, der insbesondere in Richtung der Achse des Pulverkanals zur Wechselwirkungszone hin versetzt ist und der sich ringförmig um den Pulverstrahl ausbildet, um die Strömung des Pulvers von der Austrittsöffnung zur Werkstückoberfläche bzw. zur Wechselwirkungszone so zu beeinflussen, daß ein möglichst definierter Pulverfokus aufrecht erhalten wird.

[0024] Um einen möglichst gleichmäßigen äußeren Schutzgasstrom zu erhalten, ist es zweckmäßig, wenn der äußere Schutzgaskanal über mehrere Gasdurchlaßöffnungen mit einer ringförmigen Verteilerkammer verbunden ist, die in einem Anschlußring konzentrisch zu einer zentralen Montageöffnung angeordnet ist und die mit mehreren Gasleitungsanschlüssen verbunden ist.

[0025] Bei einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die ringförmige Austrittsöffnung des äußeren Schutzgaskanals die ringförmige Austrittsöffnung des Pulverkanals konzentrisch umschließt, wobei die beiden Austrittsöffnungen jeweils für sich und gemeinsam eine Kegelmantelfläche festlegen.

[0026] Um insbesondere die Pulverzuführung zum Pulverkanal und den Pulverkanal selbst gegen Einwirkungen von außen und insbesondere gegen Wärmestrahlung von der Wechselwirkungszone bzw. vom abkühlenden Bearbeitungsbereich zu schützen, ist vorgesehen, daß die Außenhülse an ihrem von der Austrittsöffnung des äußeren Schutzgaskanals abgewandten Ende einen zylindrischen Abschnitt aufweist, in den der Anschlußring eingesetzt ist, wobei insbesondere in der Wand der Außenhülse Kühlmittelkanäle vorgesehen sind.

[0027] Grundsätzlich ist es möglich, den erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopf zum Plasma-Auftragschweißen einzusetzen, wobei der zentrale Kanal zur Anordnung einer Elektrode und zur Ausbildung eines Lichtbogens dient. Besonders vorteilhaft läßt sich aber der erfindungsgemäße Pulverbeschichtungskopf mit einem Laserbearbeitungsstrahl einsetzen, der durch den zentralen Kanal geführt wird. Hierbei ist es besonders zweckmäßig, wenn der Düsenkörper eine den zentralen Kanal bildende Durchgangsböhrung mit einem gestuften zylindrischen Abschnitt zur Aufnahme einer Fokussieroptik und einen sich zur Austrittsöffnung hin verjüngenden konischen Abschnitt aufweist, und daß die Fokussieroptik für einen Bearbeitungsstrahl mit dem Düsenkörper so verbunden ist, daß ihre optische Achse mit der Achse A des zentralen Kanals zusammenfällt.

[0028] Um die Fokussieroptik zu schützen und eine noch bessere Abschirmung der Wechselwirkungszone gegen die Umgebungsluft zu erreichen, ist bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß zwischen dem zylindrischen und dem konischen Abschnitt des zentralen Kanals eine Ausbuchtung vorgesehen ist, so daß zwischen der Ausbuchtung und dem konischen Abschnitt eine Schulter gebildet ist, und daß zumindest ein zur Achse A des zentralen Kanals paralleler Gaseinlaß vorgesehen ist, der gegenüber der Schulter in die Ausbuchtung mündet.

[0029] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die einzelnen optischen Elemente der Fokussieroptik mittels Distanzhülisen in einem Gehäuse gehalten sind. Hierdurch wird es ermöglicht, die Fokussierung des Laserbearbeitungsstrahls relativ zum Pulverbeschichtungskopf und damit relativ zur Lage des Pulverfokus zu variieren. Da sich die Fokusabstände von Lasersystemen mit unterschiedlicher numerischer Apertur voneinander unterscheiden, kann die Fokuslage des optischen Systems durch Veränderung der Längen einzelner

## DE 100 35 622 A 1

5

oder mehrerer Distanzhülsen zwischen den optischen Elementen der Fokussieroptik, also zwischen den einzelnen Linsen variiert und an die Fokusslage der Pulverströmung angepaßt werden.

[0030] Um Schäden der Fokussieroptik durch übermäßige Erwärmung zu vermeiden, ist bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß das Gehäuse der Fokussieroptik mit Kühlmittelkanälen versehen ist, so daß ein Kühlmittelmantel für die optischen Elemente gebildet wird.

[0031] Um den Pulverstrom im Pulverkanal noch besser vor übermäßiger Erwärmung schützen zu können, ist vorgesehen, daß auch im Düsenkörper Kühlmittelkanäle vorgesehen sind.

[0032] Die Erfindung wird im folgenden Beispielsweise anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0033] Fig. 1a einen Schnitt durch eine Düse eines erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopfs,

[0034] Fig. 1b eine vergrößerte Schnittdarstellung des Austrittsbereichs der Düse von Fig. 1a,

[0035] Fig. 2 eine Draufsicht von unten auf einen Einspritzkammerring der Düse nach Fig. 1a,

[0036] Fig. 3 einen Schnitt im wesentlichen nach Linie A-A in Fig. 2,

[0037] Fig. 4 eine Draufsicht von oben auf den Einspritzkammerring,

[0038] Fig. 5 einen Schnitt durch eine Fokussieroptik für einen erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopf,

[0039] Fig. 6 einen erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopf mit der Düse nach Fig. 1a und

[0040] Fig. 7 einen weiteren erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopf mit einer anders ausgestalteten Düse.

[0041] In den verschiedenen Figuren der Zeichnung sind einander entsprechende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0042] Fig. 1a zeigt eine Düse 10 eines erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopfes zum Beschichten einer Werkstückoberfläche. Die Düse 10 weist einen im wesentlichen rotationssymmetrischen Düsenkörper 11 mit einer zentralen Achse A und eine Zwischenhülse 12 auf, zwischen denen ein ringförmiger, von einem Einlaßbereich 13 zu einer ringförmigen Austrittsöffnung 14 hin konisch sich verjüngender Pulverkanal 15 vorgesehen ist. Im Düsenkörper 11 ist eine zentrale Durchgangsbohrung vorgesehen, die einen zentralen Kanal 11' mit einer Austrittsöffnung 11" festlegt. Die Achse des zentralen Kanals 11' fällt dabei mit der Achse A des Düsenkörpers 11 zusammen. Koaxial zum Düsenkörper 11 und zur Zwischenhülse 12 ist eine Außenhülse 16 vorgesehen, die einen konischen Abschnitt 17 und einen zylindrischen Abschnitt 18 aufweist.

[0043] Der konische Abschnitt 17 begrenzt zusammen mit der konischen Zwischenhülse 12 einen ringspaltförmigen konischen äußeren Schutzgaskanal 19.

[0044] Der Einlaßbereich 13 des Pulverkanals 15 wird auf der von der Austrittsöffnung 14 abgewandten Seite von einem Einspritzkammerring 20 begrenzt, in dem eine Einspritzkammer 21 des Einlaßbereiches 13 ausgebildet ist. Der Einspritzkammerring 20 ist in einer zylindrischen Ausnehmung 22 eines Zwischenrings 23 angeordnet und dient zusammen mit diesem zur Befestigung der Zwischenhülse 12 und der Außenhülse 16 am Düsenkörper 11.

[0045] In den zylindrischen Abschnitt 18 der Außenhülse 16 ist ein Anschlußring 24 eingesetzt, der ebenfalls am Düsenkörper 11 befestigt ist. Der Anschlußring 24 weist eine außenliegende ringförmige Verteilerkammer 25 für Schutzgas und eine innenliegende ringförmige Verteilerkammer 26 für Zusatzschutzgas auf.

[0046] Die außenliegende Verteilerkammer 25 für Schutz-

6

gas ist über eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen 27 im Zwischenring 23, von denen nur eine dargestellt ist, mit einem Einlaßbereich 28 des äußeren Schutzgaskanals 19 verbunden.

[0047] Die innenliegende Verteilerkammer 26 für Zusatzschutzgas steht über eine im wesentlichen V-förmige Ringnut 29 und Durchgangsöffnungen 30 im Zwischenring 23 sowie über Durchgangsöffnungen 31 im Einspritzkammerring 20 mit der Einspritzkammer 21 so in Verbindung, daß das Zusatzschutzgas im wesentlichen parallel zur Achse A des Düsenkörpers 11, die die gemeinsame Achse aller Kanäle und Hülsen bildet, in die Einspritzkammer 21 und damit in den Einlaßbereich 13 des Pulverkanals 15 eingebracht werden kann.

[0048] Um den Verteilerkammern 25, 26 für Schutzgas bzw. Zusatzschutzgas das entsprechende Gas zuführen zu können, sind über den Umfang verteilt Schutzgasleitungsanschlüsse 32, 33 vorgesehen, von denen jedoch nur jeweils einer dargestellt ist. Obwohl es grundsätzlich denkbar ist, für jede Verteilerkammer 25, 26 nur einen Schutzgasleitungsanschluß 32, 33 vorzusehen, ist es zweckmäßig, mehrere Schutzgasleitungsanschlüsse 32, 33 zu verwenden, um eine in Umfangsrichtung gleichmäßige Schutzgaszufuhr zu den Verteilerkammern 25 bzw. 26 und damit zum äußeren Schutzgaskanal 19 bzw. zur Einspritzkammer 21 zu erreichen. Vorteilhafterweise sind jeweils vier jeweils um 90° voneinander getrennt angeordnete Schutzgasleitungsanschlüsse 32, 33 vorgesehen.

[0049] Um dem Pulverkanal 15 Pulver, bzw. ein Pulvergasgemisch, insbesondere ein Pulver-Schutzgas-Gemisch zuzuführen, bei dem das Schutzgas als Transportgas für das Pulver, also für den pulverförmigen Zusatzwerkstoff dient, sind Pulverzuführleitungen 34 in nicht näher dargestellter Weise durch den Anschlußring 24 und den Zwischenring 23 hindurchgeführt und im Einspritzkammerring 20 so gehalten, daß die im wesentlichen in der Ebene des Einspritzkammerrings 20 liegenden Mündungsabschnitte 35 der Pulverzuführleitungen 34 von innen nach außen in die im wesentlichen V-förmige Einspritzkammer 21 münden, wobei der Pulverstrom mit der jeweiligen Tangentialrichtung der Einspritzkammer 21 einen Winkel einschließt, der kleiner als 45°, insbesondere kleiner als 35° ist. Die radial außen liegende Wand der ringförmigen Einspritzkammer 21 dient dabei als Prallwand 21', an der der Pulverstrom in die durch den Pulverkanal 15 vorgegebene Pulvertransportrichtung umgelenkt wird.

[0050] Anstelle des bevorzugten V-förmigen Querschnitts der Einspritzkammer 21 kann grundsätzlich jede beliebige Querschnittsform vorgesehen sein, solange die außenliegende Wand als Prallwand 21 eine Umlenkung des Schutzgasstromes in den Pulverkanal 15 hinein bewirkt. Die V-förmige Anordnung hat jedoch den Vorteil, daß der von den als Eingangsöffnungen für das Zusatzschutzgas dienende Durchgangsöffnungen 31 ausgehende Zusatzschutzgasstrom sich über die gesamte Breite der Einspritzkammer 21 ausbreitet und so weitgehend gleichmäßig in Pulvertransportrichtung auf die durch die Pulverzuführleitungen 34 in die Einspritzkammer 21 eingebrachten Pulverteilchen einwirkt.

[0051] Je nach Gestaltung der Einspritzkammer 21 und des Einlaßbereiches 13 kann es zweckmäßig sein, wenn die Mündungsabschnitte 35 geringfügig gegen die Ebene des Einspritzkammerrings 20 geneigt sind. Dabei ist es denkbar, den einzelnen in die Einspritzkammer 21 einzubringenden Pulverströmen eine Bewegungskomponente entgegengesetzt zur oder in Pulvertransportrichtung des Pulverkanals 15 zu erteilen, indem die Mündungsabschnitte 35 um bis etwa 10° nach unten bzw. bis etwa 20° nach oben gegen die Ebene des

DE 100 35 622 A 1

7

Einspritzkammerings genügt angeordnet werden.

[0052] Das Zusatzschutzgas, das zur Unterstützung des Pulvertransports durch den Pulverkanal 15 dient, wirkt also im wesentlichen in der Richtung auf die Pulverteilchen ein, in die diese von der Prallwand 21' umgelenkt werden. Dadurch wird eine zusätzliche Beschleunigung der Pulverteilchen durch das Zusatzschutzgas erreicht, die die Gefahr von Pulveranhäufungen im Pulverkanal 15 praktisch vermeiden. [0053] Um die Düse 10 als ganzes und insbesondere den Pulverkanal 15 vor übermäßiger Wärmeeinwirkung zu schützen, sind in der Außenhülse 16 Kühlmittelkanäle 36 ausgebildet, denen über entsprechende Kühlmittelverbindungsanschlüsse 37 Kühlmittel, z. B. Kühlwasser oder eine andere geeignete Kühlflüssigkeit, zu- und abgeführt werden kann. In der Zeichnung ist nur einer der Kühlmittelkanäle 36 und der Kühlmittelanschlüsse 37 dargestellt. Die Kühlmittelkanäle 36 sind jedoch so ausgebildet, daß sie einen die Düse 10 im wesentlichen vollständig umgebenden Kühlmittelmantel bilden.

[0054] Da die Zwischenhülse 12, die den Pulverkanal 15 auf der Außenseite und den äußeren Schutzgaskanal 19 innen begrenzt durch den Schutzgaskanal 19, der ringspaltförmig ausgebildet ist, von der Außenhülse 16 getrennt ist, wird eine Wärmeübertragung durch Wärmeleitung von der Zwischenhülse 12 auf die Außenhülse 16 verhindert. Um trotzdem eine Kühlung der Zwischenhülse 12 zu ermöglichen, ist im Schutzgaskanal 19 zwischen der Außenhülse 16 und der Zwischenhülse 12 eine Wärmebrücke 38 im äußeren Schutzgaskanal 19 angeordnet, die einen thermischen Kontakt zwischen der Zwischenhülse 12 und der gekühlten Außenhülse 16 herstellen.

[0055] Die Wärmebrücke 38 kann beispielsweise durch eine Vielzahl von den Strömungsrichtung verlaufenden Stegen ausgebildet sein. Es ist jedoch auch möglich, die Wärmebrücke 38 als konische Hülse auszubilden, die auf ihrer Außen- und/oder Innenseite mit Nuten versehen ist, damit der Schutzgasstrom im äußeren Schutzgaskanal 19 die Wärmebrücke 38 passieren kann. Damit sich hinter der Wärmebrücke 38 wieder eine ringspaltförmige laminare Schutzgasströmung ausbilden kann, befindet sich das Ende der Wärmebrücke 38 wenigstens 10 mm, vorzugsweise 20 mm vor einer ringförmigen Austrittsöffnung 39 des Schutzgaskanals 19, durch die der äußere Schutzgasstrom austritt.

[0056] Wie insbesondere in Fig. 1b zu sehen ist, sind die konzentrisch zur Austrittsöffnung 11' des zentralen Kanals 11 und zueinander liegenden Austrittsöffnungen 14, 39 des Pulverkanals 15 bzw. des äußeren Schutzgaskanals 19 so angeordnet, daß sie eine Kegelmantelfläche eines sich in Austrittsrichtung erweiternden Kegels festlegen. Durch diese Anordnung wird es ermöglicht, den austretenden Pulverstrom auf der Außenseite zu führen, so daß ein definierter Pulverfokus erhalten wird.

[0057] Der Düsenkörper 11 weist in seinem von der Austrittsöffnung 11' des zentralen Kanals 11' abgewandten Bereich einen oder mehrere Kühlmittelkanäle 40 auf, der bzw. die über entsprechende Kühlmittelverbindungsanschlüsse 41 mit Kühlmittel versorgt werden. Durch die Verwendung von Materialien mit großem Wärmeleitwert für den Düsenkörper 11 wird die Wärme aus dem der Wechselwirkungszone zugewandten Bereich des Düsenkörpers 11 gut in die Bereiche mit Kühlung, insbesondere mit Wasserkühlung übertragen.

[0058] Wie Fig. 5 zeigt, umfaßt eine Fokussieroptikeinheit 42 ein Gehäuse 43 mit einer Innenhülse 44, in der Linsen 45 einer Fokussieroptik 45 mittels des Distanzhülsen 46 gehalten sind. Auf der der Wechselwirkungszone zugewandten Seite der Fokussieroptik 45 ist ein Schutzglas 47 ebenfalls mittels einer Distanzhülse 46 gehalten.

8

[0059] Durch Veränderung der Längen einzelner oder mehrerer Distanzhülsen 46 kann die Lage des Fokus der Fokussieroptik 45 variiert werden, so daß, wenn die Fokussieroptik 45 in einem Pulverbeschichtungskopf eingebaut ist, die Fokusslage des Laserbearbeitungsstrahls relativ zum Pulverfokus variiert werden kann.

[0060] Die Innenhülse 44 weist zwischen an ihren Enden vorgesehenen Flanschen 48, 49 einen Außendurchmesser auf, der kleiner ist als ein Innendurchmesser einer Außenhülse 50 des Gehäuses 43, in die die Innenhülse 44 eingesetzt ist. Auf diese Weise wird ein Kühlmittelkanal oder -mantel 51 gebildet, der zur Kühlung der Fokussieroptik 45 vorgesehen ist, um eine übermäßige Erwärmung der Fokussieroptik 45 durch Streustrahlung, z. B. hervorgerufen durch Linsenfehler, und Prozeßwärme zu verhindern. Auf diese Weise lassen sich also wärmebedingte Schäden der Fokussieroptik 45 vermeiden.

[0061] Dem Kühlmittelmantel 51 kann von einem Kühlmittelverbindungsanschluß 52 über einen der Außenhülse 50 vorgesehenen Kühlmittelkanal 53 Kühlmittel zugeführt werden.

[0062] In der Außenhülse ist ferner ein Schutzgaszuführkanal 54 ausgebildet, durch den von einem Schutzgasleitungsanschluß 55 Schutzgas dem zentralen Kanal 11' im Düsenkörper 11 zugeführt werden kann, wenn die Fokussieroptikeinheit 42 in die Düse 10 eingesetzt ist. Zweckmäßigerweise sind wiederum mehrere, insbesondere vier Schutzgaszuführkanäle 54 vorgesehen, die umfangmäßig verteilt sind, von denen aber nur einer dargestellt ist.

[0063] Wie Fig. 6 zeigt, ist die Fokussieroptikeinheit 42 durch zentrale Öffnungen des Anschlußrings 24, des Zwischenrings 23 und des Einspritzkammerings 20 hindurch in die zentrale Öffnung des Düsenkörpers 11 so eingesetzt, daß die optische Achse der Fokussieroptik 45 mit der zentralen Achse A des Düsenkörpers 11 zusammenfällt. Das Gehäuse 43 der Fokussieroptikeinheit 42 ist beispielsweise mittels Schrauben 56, von denen nur eine dargestellt ist, am Düsenkörper 11 fixiert.

[0064] Um im zentralen Kanal 11' einen inneren Schutzgasstrom ausbilden zu können, sind im Innenumfangsbereich des Düsenkörpers 11 gegenüber dem Auslaßbereich des oder der Schutzgaszuführkanäle 54 Ausnehmungen 57 vorgesehen, die den bzw. die Auslässe des bzw. der Schutzgaszuführkanäle 54 mit dem zentralen Kanal 11' verbinden.

[0065] Beim Betrieb des erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopfes wird ein Laserbearbeitungsstrahl von der Fokussieroptik 45 durch den zentralen Kanal 11' des Düsenkörpers 11 in einen Arbeitsfokus fokussiert. Der Arbeitsfokus liegt je nach der numerischen Apperatur der Fokussieroptik 45 in einem unterschiedlichen Abstand von der Austrittsöffnung 11' des zentralen Kanals 11'. Je größer dabei die numerische Apperatur der Fokussieroptik 45 ist, um so dichter liegt der Arbeitsfokus an der Austrittsöffnung 11'. Mit II bzw. IV sind beispielsweise die Fokusebenen für die numerische Apperatur 0,2 bzw. die numerische Apperatur 0,4 dargestellt.

[0066] Um bei einer Bearbeitung eines Werkstücks bzw. einer Werkstückoberfläche die durch den Arbeitsfokus des Laserbearbeitungsstrahls festgelegte Wechselwirkungszone vor Umgebungsluft zu schützen, werden ein innerer Schutzgasstrom, der gemeinsam mit dem Laserbearbeitungsstrahl durch den zentralen Kanal 11' geführt wird, und ein äußerer Schutzgasstrom, der durch den äußeren Schutzgaskanal 19 geführt ist, erzeugt.

[0067] Um einen pulverförmigen Zusatzwerkstoff, beispielsweise ein pulverförmiges Metall, mit dem eine Werkstückoberfläche zu beschichten ist, der Wechselwirkungszone zuzuführen, wird der pulverförmige Zusatzwerkstoff,



## DE 100 35 622 A 1

9

10

also das Pulver zunächst mit einem nicht näher dargestellten Pulverförderer in einen ebenfalls nicht gezeigten Pulververteiler gefördert. Innerhalb des Pulververters wird der Pulverstrom in mehrere, vorzugsweise vier Pulverteilströme aufgeteilt und über Pulverzuführleitungen 34 dem Pulverbeschichtungskopf zugeführt.

[0068] Aus den im Einspritzkammering 20 angeordneten Mündungsabschnitten 35 der Pulverzuführleitungen 34 wird der Pulverstrom von innen nach außen mit einem relativ kleinen Winkel gegen die jeweilige Tangentialrichtung der ringförmigen Einspritzkammer 21 in diese eingebracht. Der Pulverstrom und insbesondere die Pulverteilchen prallen dabei gegen die äußere Prallwand 21 der Einspritzkammer 21 und gelangen in eine Verwirbelungskammer 58 des Einlaßbereiches 13 des Pulverkanals 15. Die Verwirbelungskammer 58 ist ein relativ großer Ringraum, der im wesentlichen frei von Ecken ist, so daß dem Pulverstrom aus Pulver und Schutzgas ein minimaler Widerstand entgegengesetzt wird. Durch das durch die Durchgangsöffnungen 31 im wesentlichen parallel zur zentralen Achse A in die Einspritzkammer 21 eingebrachte Zusatzschutzgas wird eine zusätzliche Beschleunigung des Pulverstroms bewirkt, die die gleichmäßige Verteilung des Pulvers in Umfangsrichtung unterstützt und dabei die Gefahr von Pulveranhaftungen innerhalb des Kanals vermindert.

[0069] Aus der Verwirbelungskammer 58, in der die Teilpulverströme zu einem einzigen ringförmigen Pulverstrom mit gleichmäßiger Pulververteilung in Umfangsrichtung umgeformt und zusammengeführt werden, bewegt sich der ringförmige Pulverstrom durch eine Anschlußkammer 59 des Pulverkanals konisch auf einen Führungsabschnitt 60 des Pulverkanals 15 zu, in dem die Pulverströmung weiter vergleichmäßig wird. Hierzu weist der Führungsabschnitt zumindest eine Länge von 10 mm, vorzugsweise jedoch von wenigstens von 20 bis 30 mm auf, in der sich eine gleichmäßige, wirbelfreie Pulverströmung ausbilden kann. Im Bereich des Führungsabschnitts 60 ist dazu die Spaltbreite, also der Abstand zwischen Innen- und Außenwand des Pulverkanals 15 konstant.

[0070] Der konische Pulverstrahl wird nach Verlassen des Pulverkanals 15 durch dessen ringförmige Austrittsöffnung 14 weiter konisch auf die Wechselwirkungszone zugeführt, wo er im Pulverfokus zu einem kreisförmigen Pulverstrahl zusammenläuft.

[0071] Während der Bearbeitung eines zu beschichtenden Werkstücks befindet sich die Oberfläche des Werkstücks in demselben Abstand von der Düse 10 wie der Pulverfokus und der Arbeitsfokus des Laserbearbeitungsstrahls, so daß an diesem Ort das Pulver vom Laserstrahl aufgeschmolzen wird und sich metallurgisch mit der Werkstückoberfläche verbindet.

[0072] Da der Pulverstrom koaxial zum Laserbearbeitungsstrahl der Wechselwirkungszone zugeführt wird, läßt sich während eines Beschichtungsprozesses der erfindungsgemäße Pulverbeschichtungskopf in jeder beliebigen Richtung parallel zur Werkstückoberfläche verschieben, ohne daß die Richtung der Verschiebung einen Einfluß auf den Beschichtungs Vorgang hätte, da die Wechselwirkungszone unabhängig von der Vorschubrichtung gleichmäßig mit Pulver versorgt wird.

[0073] Durch eine geeignete Steuerung der inneren und äußeren Schutzgasströmung läßt sich der Pulverfokus gezielt beeinflussen.

[0074] Durch die hohe Geschwindigkeit der Pulverströmung wird erreicht, daß der Pulverstrom sehr stabil ist und gleichzeitig auf der Werkstückoberfläche zurückgebliebene Pulverteilchen entfernt, so daß sichergestellt werden kann, daß nur die Pulverteilchen aufgeschmolzen werden und mit

der Werkstückoberfläche eine metallurgische Verbindung eingehen, die frisch aus der Düse ausgetreten sind. Hierdurch wird die Reproduzierbarkeit des Beschichtungsprozesses verbessert.

[0075] Fig. 7 zeigt einen anderen erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungskopf von dem im folgenden nur die Merkmale beschrieben werden, die sich von denen des anhand von Fig. 1 bis 6 beschriebenen Pulverbeschichtungskopf unterscheiden.

[0076] Das Gehäuse 43 der Fokussieroptikeinheit 42 ist bei dem in Fig. 7 gezeigten Pulverbeschichtungskopf mit einem Gewindeabschnitt 61 in einen entsprechenden Gewindeabschnitt 62 des Düsenkörpers 11 so eingeschraubt, daß die Schutzgaszuführkanäle 54 mit Gaseinlässen 63, von denen nur einer dargestellt ist, ausgerichtet sind, die in eine umfangsmäßige Ausbuchtung 64 münden, die zwischen einem zylindrischen Abschnitt des zentralen Kanals 11', in dem die Fokussieroptikeinheit 42 eingesetzt ist und einem konischen Abschnitt des zentralen Kanals 11' vorgesehen ist. Die Ausbuchtung 64 bildet eine Verteilerkammer innerhalb des zentralen Kanals 11', in dem sich Schutzgas gleichmäßig verteilen kann, so daß eine gleichmäßige innere Schutzgasströmung erzeugt wird.

[0077] Der Pulverkanal 15 weist einen sehr langen Führungsabschnitt 60 auf, der über eine relativ kurze Anschlußkammer 59 mit der Verwirbelungskammer 58 verbunden ist. [0078] Bei den beispielsweise beschriebenen erfindungsgemäßen Pulverbeschichtungsköpfen ist der gesamte Pulverkanal 15 als umlaufende Ringspaltkanal ohne Ecken oder andere Hindernisse ausgebildet, so daß auch sehr kleine Pulverkorngrößen verwendbar sind, da Agglomerationen oder Ansammlungen von Pulver innerhalb des die Pulverströmung führenden Pulverkanals 11 praktisch nicht auftreten können.

## Patentansprüche

1. Pulverbeschichtungskopf zum Beschichten einer Werkstückoberfläche, mit

- einem zentralen Kanal (11');
  - einem sich in Pulvertransportrichtung verjüngenden, konischen Pulverkanal (15) mit ringförmigen Querschnitt, der den zentralen Kanal (11') koaxial umgibt,
  - Pulverzuführmitteln (34, 35), die zum Einbringen von Pulver in einen Einlaßbereich (13) des Pulverkanals (15) in diesen münden, und
  - Gaszuführmitteln (26, 29, 30, 31, 33), die bezüglich der Pulvertransportrichtung stromaufwärts von den Pulverzuführmitteln (34, 35) in den Einlaßbereich (13) münden.

2. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulverzuführmittel mehrere, vorzugsweise vier Pulverzuführleitungen (34, 35) umfassen, die umfangsmäßig voneinander beabstandet von innen nach außen in den Einlaßbereich (13) des Pulverkanals (15) münden.

3. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mündungsrichtung jeder Pulverzuführleitung (34, 35) mit der jeweiligen Tangentialrichtung einen Winkel einschließt, der kleiner als 45°, insbesondere kleiner als 35° ist.

4. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulverzuführleitungen (34) mit Mündungsabschnitten (35) im wesentlichen in einer zur Achse (A) des Pulverkanals (15) senkrechten Ebene verlaufen.

5. Pulverbeschichtungskopf nach einem der vorste-

## DE 100 35 622 A 1

11

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszufuhrmittel (26, 29, 30, 31, 33) im wesentlichen in Richtung der Achse des Pulverkanals (15) in dessen Einlaßbereich (13) münden.

6. Pulverbeschichtungskopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Gaszufuhrmittel eine Vielzahl von Durchlaßöffnungen (30, 31) umfassen, die in Umfangsrichtungsgleichmäßig-voneinander beabstandet und mit einer ringförmigen Verteilerkammer (26) für Gas verbunden sind, welche auf der vom Einlaßbereich (13) des Pulverkanals (15) abgewandten Seite der Durchlaßöffnungen (30, 31) angeordnet ist.

7. Pulverbeschichtungskopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaßbereich (13) des Pulverkanals (15) gegenüber dem Mündungsbereich der Pulverzufuhrmittel (34, 35) von einer ringförmigen Prallwand (21') begrenzt wird, die im wesentlichen eine sich in Pulvertransportrichtung orientierte Kegelmantelfläche ist.

8. Pulverbeschichtungskopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaßbereich (13) eine ringförmige Einspritzkammer (21) aufweist, in die das Pulver einbringbar ist und an die sich Pulvertransportrichtung eine Verwirbelungskammer (58) anschließt.

9. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzkammer (21) einen sich in Pulvertransportrichtung öffnenden V-förmigen Querschnitt aufweist.

10. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Durchlaßöffnungen (31) der Gaszufuhrmittel im Bereich der Spitze des V-förmigen Querschnitts angeordnet ist.

11. Pulverbeschichtungskopf nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Verwirbelungskammer (58) einen sich in Pulvertransportrichtung im wesentlichen gleichbleibenden oder sich erweiternden Querschnitt aufweist.

12. Pulverbeschichtungskopf nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verwirbelungskammer (58) über eine Anschlußkammer (59) mit sich in Pulvertransportrichtung verjüngenden Querschnitt mit einem konischen Führungsabschnitt (60) des Pulverkanals (15) verbunden ist, der zu einer ringförmigen Austrittsöffnung (14) des Pulverkanals (15) führt.

13. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des Führungsabschnitts (60), also der Abstand der den Führungsabschnitt (60) innen und außen begrenzenden Wände gleichbleibend ist, so daß der Führungsabschnitt (60) eine konstante Spaltbreite aufweist.

14. Pulverbeschichtungskopf nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Führungsabschnitts (60) so groß ist, daß sich eine gleichmäßige Strömung des darin geführten Pulver-Gas-Gemisches ausbildet.

15. Pulverbeschichtungskopf nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der ringförmige Pulverkanal (15) zwischen einem im wesentlichen rotations-symmetrischen Düsenkörper (11), in dem der zentrale Kanal (11') ausgebildet ist, und einer dazu koaxialen Zwischenhülse (12), ausgebildet ist.

16. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenhülse (12) am Düsenkörper (11) mittels eines Einspritzkammer-rings (20) befestigt ist, der den Einlaßbereich (13) des Pul-

12

verkanals (15) auf der von seiner Austrittsöffnung (14) abgewandten Seite abschließt.

17. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Zwischenhülse (12) und einem konischen Abschnitt (17) einer dazu koaxialen Außenhülse (16) ein ringspaltförmiger, konischer äußerer Schutzgaskanal (19) gebildet ist, der eine ringförmige Austrittsöffnung (39) aufweist.

18. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Schutzgaskanal (19) über mehrere Gasdurchlaßöffnungen (27) mit einer ringförmigen Verteilerkammer (25) verbunden ist, die in einem Anschlußring (24) konzentrisch zu einer zentralen Montageöffnung angeordnet und mit mehreren Gasleitungsanschlüssen (32) verbunden ist.

19. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die ringförmige Austrittsöffnung (39) des äußeren Schutzgaskanals (19) die ringförmige Austrittsöffnung (14) des Pulverkanals (15) konzentrisch umschließt, wobei die beiden Austrittsöffnungen (14, 39) jeweils für sich und gemeinsam eine Kegelmantelfläche festlegen.

20. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 17, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenhülse (16) an ihrem von der Austrittsöffnung (39) des äußeren Schutzgaskanals (19) abgewandten Ende einen zylindrischen Abschnitt (18) aufweist, in den der Anschlußring (24) eingesetzt ist.

21. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß in der Wand der Außenhülse (16) Kühlmittelkanäle (36) vorgesehen sind.

22. Pulverbeschichtungskopf nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenkörper (11) eine den zentralen Kanal (11') bildende Durchgangsbohrung mit einem gestuften zylindrischen Abschnitt zur Aufnahme einer Fokussieroptik (45) und einen sich zur Austrittsöffnung hin verjüngenden konischen Abschnitt aufweist, und daß die Fokussieroptik für einen Bearbeitungsstrahl mit dem Düsenkörper (11) so verbunden ist, daß ihre optische Achse mit der Achse (A) des zentralen Kanals (11') zusammenfällt.

23. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zylindrischen und dem konischen Abschnitt des zentralen Kanals (11') eine Ausbuchtung (64) vorgesehen ist, so daß zwischen der Ausbuchtung (64) und dem konischen Abschnitt eine Schulter (65) gebildet ist, und daß zumindest ein zur Achse (A) des zentralen Kanals (11') paralleler Gaseinlaß (63) vorgesehen ist, der gegenüber der Schulter (65) in die Ausbuchtung (64) mündet.

24. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen optischen Elemente (45') der Fokussieroptik (45) mittels Distanzhülsen (46) in einem Gehäuse (43) gehalten sind.

25. Pulverbeschichtungskopf nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (43) der Fokussieroptik (45) mit Kühlmittelkanälen versehen ist, so daß ein Kühlmittelmantel (51) für die optischen Elemente (45') gebildet wird.

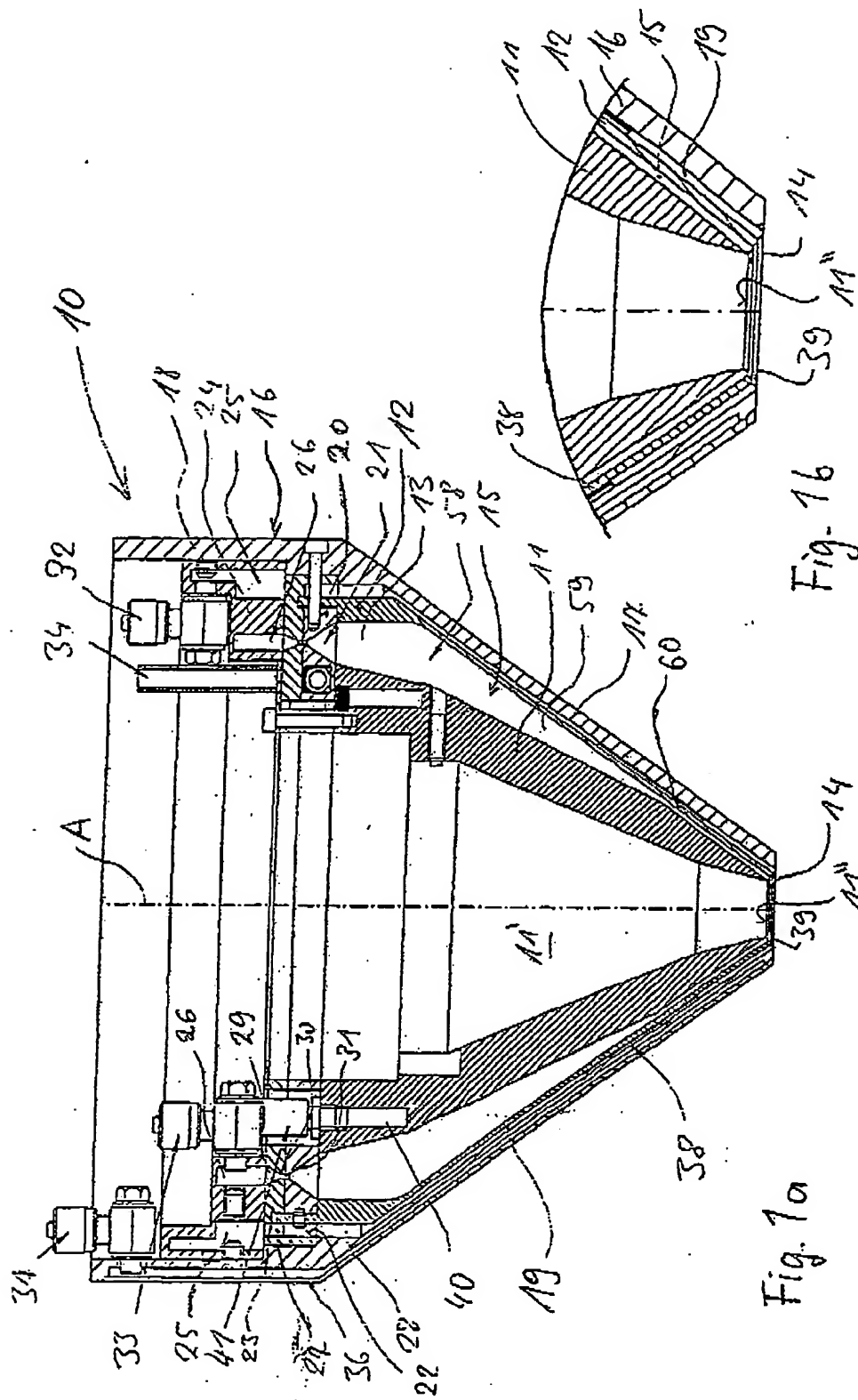
26. Pulverbeschichtungskopf nach den Ansprüchen 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß im Düsenkörper (11) Kühlmittelkanäle (40) vorgesehen sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

ZEICHNUNGEN SEITE 1

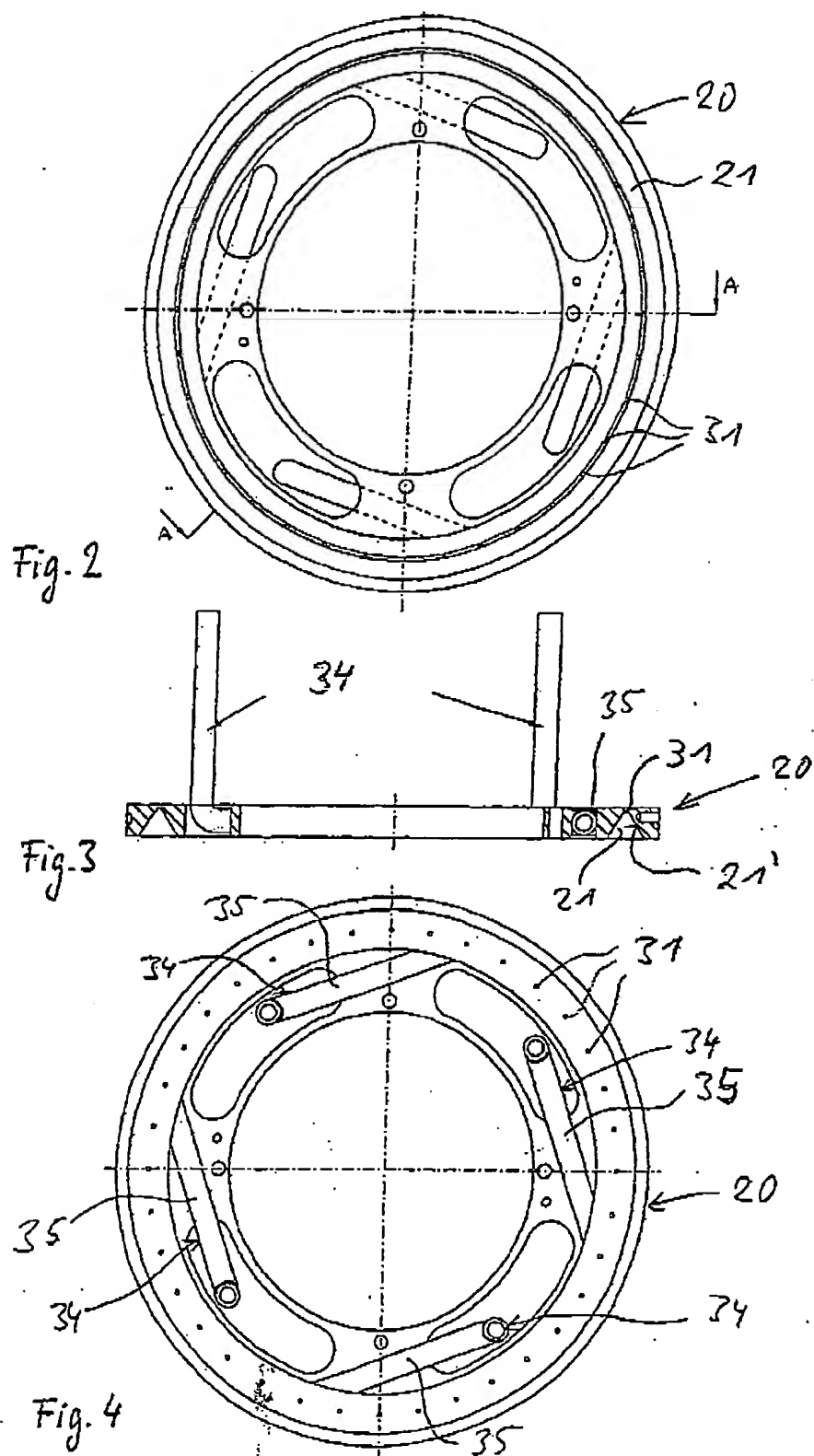
Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 100 35 822 A1  
B 05 B 7/14  
7. Februar 2002



101 660/282





ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 100 35 622 A1  
B 05 B 7/14  
7. Februar 2002

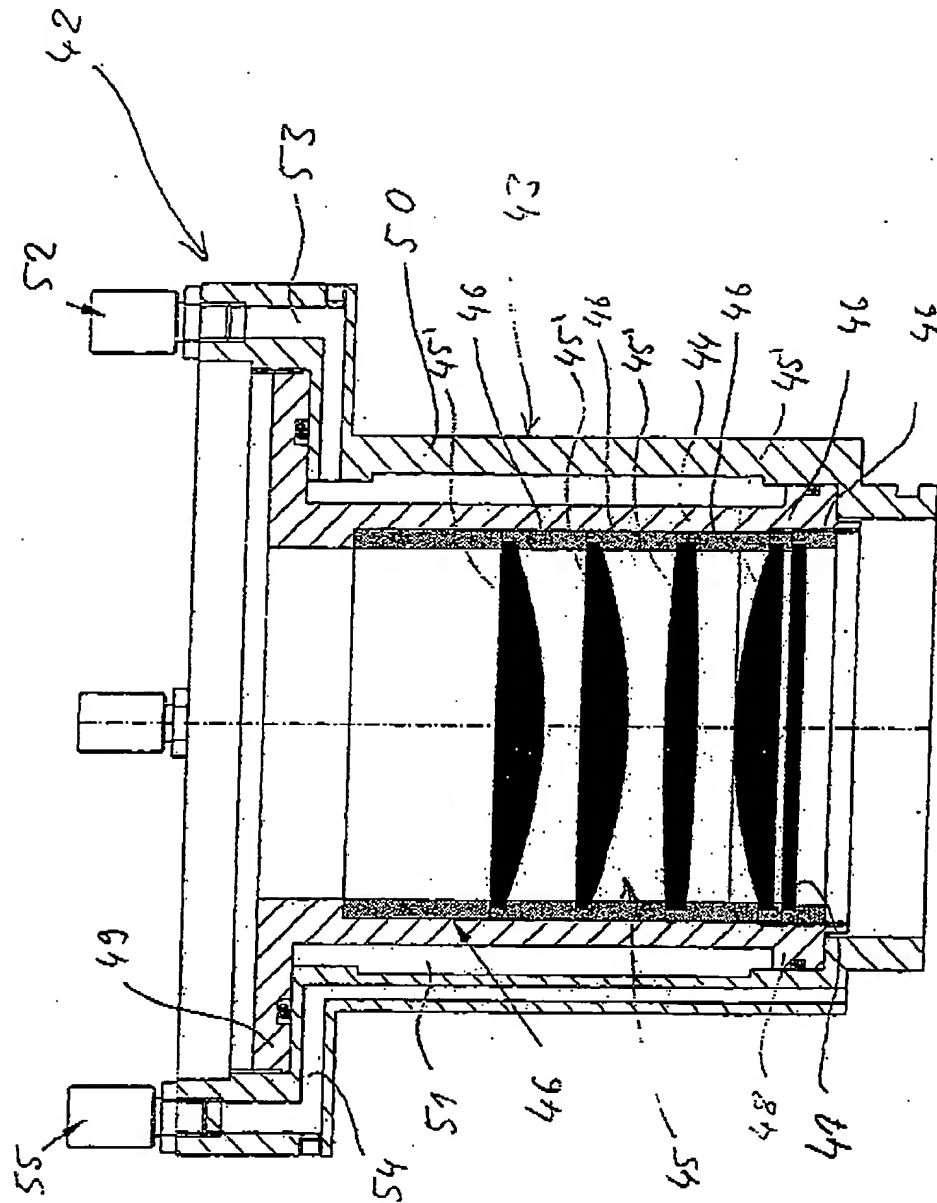


Fig. 5

101 660/282

ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 100 35 622 A1  
B 05 B 7/14  
7. Februar 2002

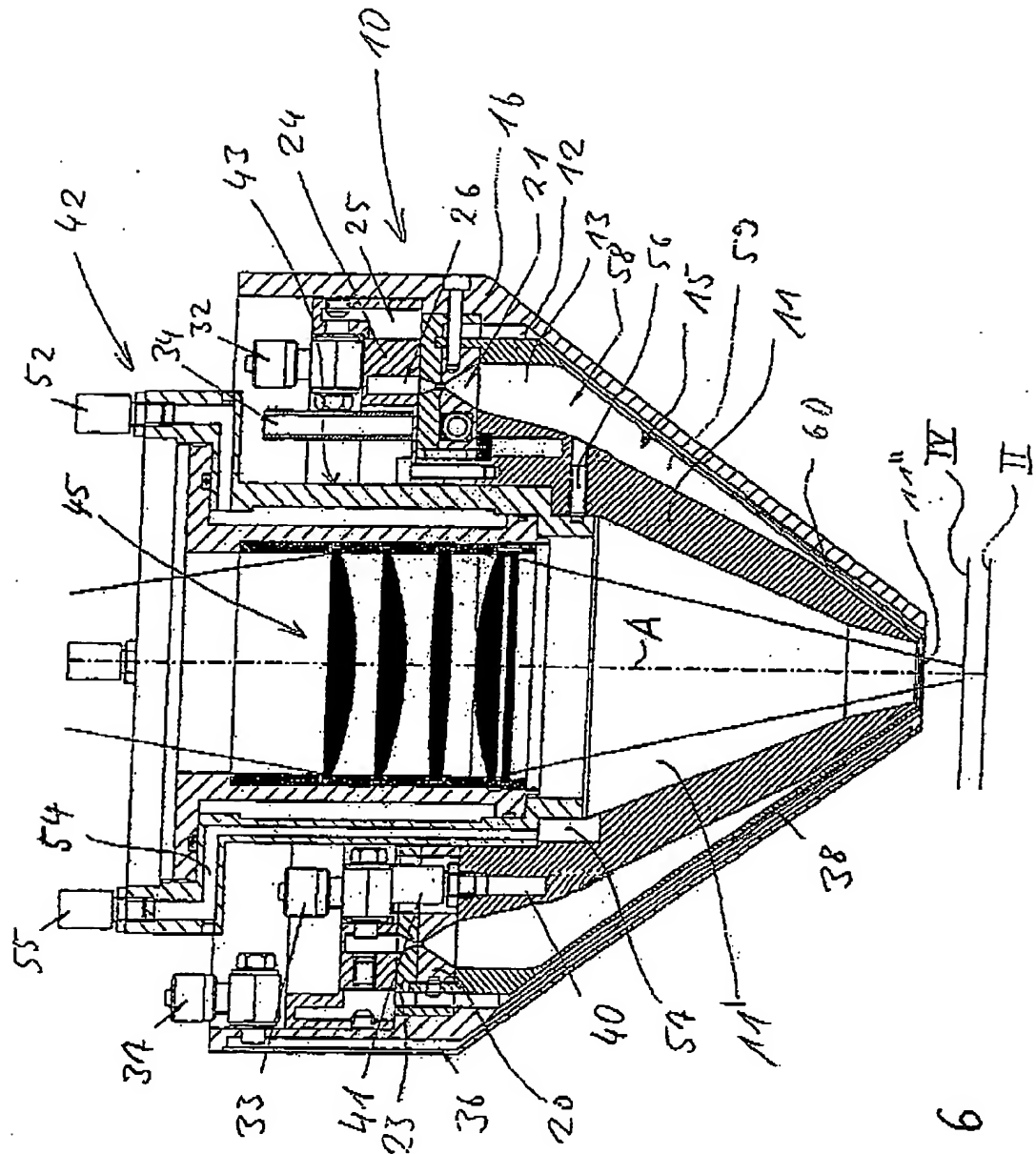


Fig. 6

101 660/282

ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:  
Int. Cl. 7:  
Offenlegungstag:

DE 100 35 622 A1  
B 05 B 7/14  
7. Februar 2002

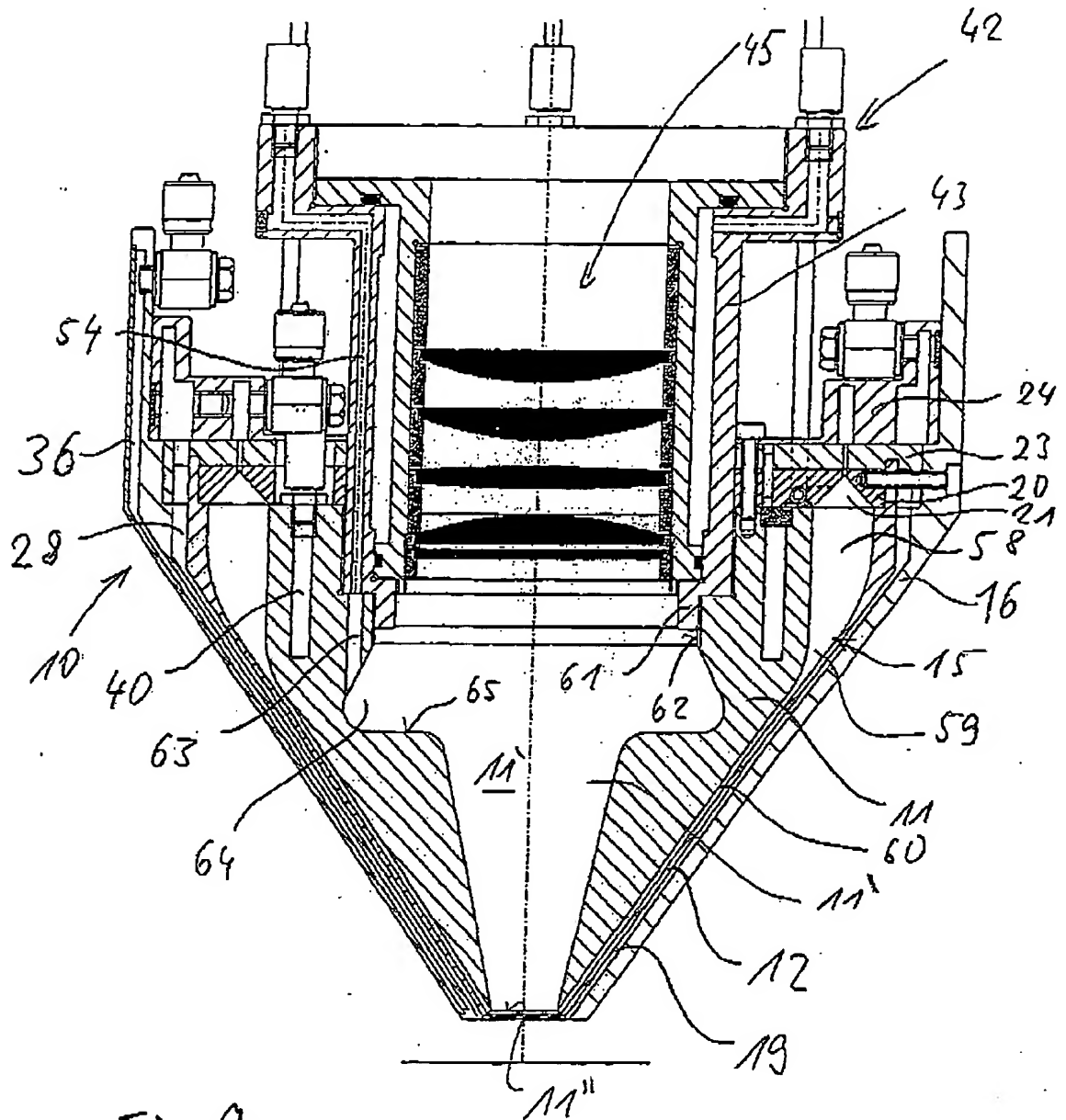


Fig. 7

101 660/282